

Requested Patent: JP6261385A
Title: DIRECTIVE SPEAKER ;
Abstracted Patent: JP6261385 ;
Publication Date: 1994-09-16 ;
Inventor(s): FURUTA AKIHIRO; TANAKA TSUNEO ;
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD ;
Application Number: JP19930044732 19930305 ;
Priority Number(s): JP19930044732 19930305 ;
IPC Classification: H04R1/26; H04R1/40; H04R3/12 ;
Equivalents: JP2713080B2 ;

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain the accurate directivity over the wide frequency band even if the directional speaker is used in a small room by arranging a unit comprising a high frequency sound speaker array between speaker units comprising a low frequency sound speaker array.

CONSTITUTION: The reproduction frequency band is divided into the low frequency sound area and high frequency sound area. The low frequency sound area is reproduced by a low frequency sound speaker array 5 where plural 1st speaker units 7 with the front and back of diaphragms opened are two-dimensionally arranged at the prescribed intervals on the surface and the high frequency sound area is on the same surface with the speaker array 5 and reproduces sounds by a high frequency sound speaker array 6 comprising plural 2nd speaker units 8 arranged between the 1st speaker units 7 comprising the low frequency sound speaker array 5. Thus, the soundwave irradiated from one speaker array is not disturbed by the other speaker array and if it is used in the normal room, the sharp directivity can be obtained over the wide frequency band.

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl.⁵
H04R 1/26
1/40
3/12

識別記号
310

庁内整理番号
Z 7346-5H

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 11 頁)

(21)出願番号	特願平5-44732	(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22)出願日	平成5年(1993)3月5日	(72)発明者	古田 暁広 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72)発明者	田中 恒雄 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 指向性スピーカ装置

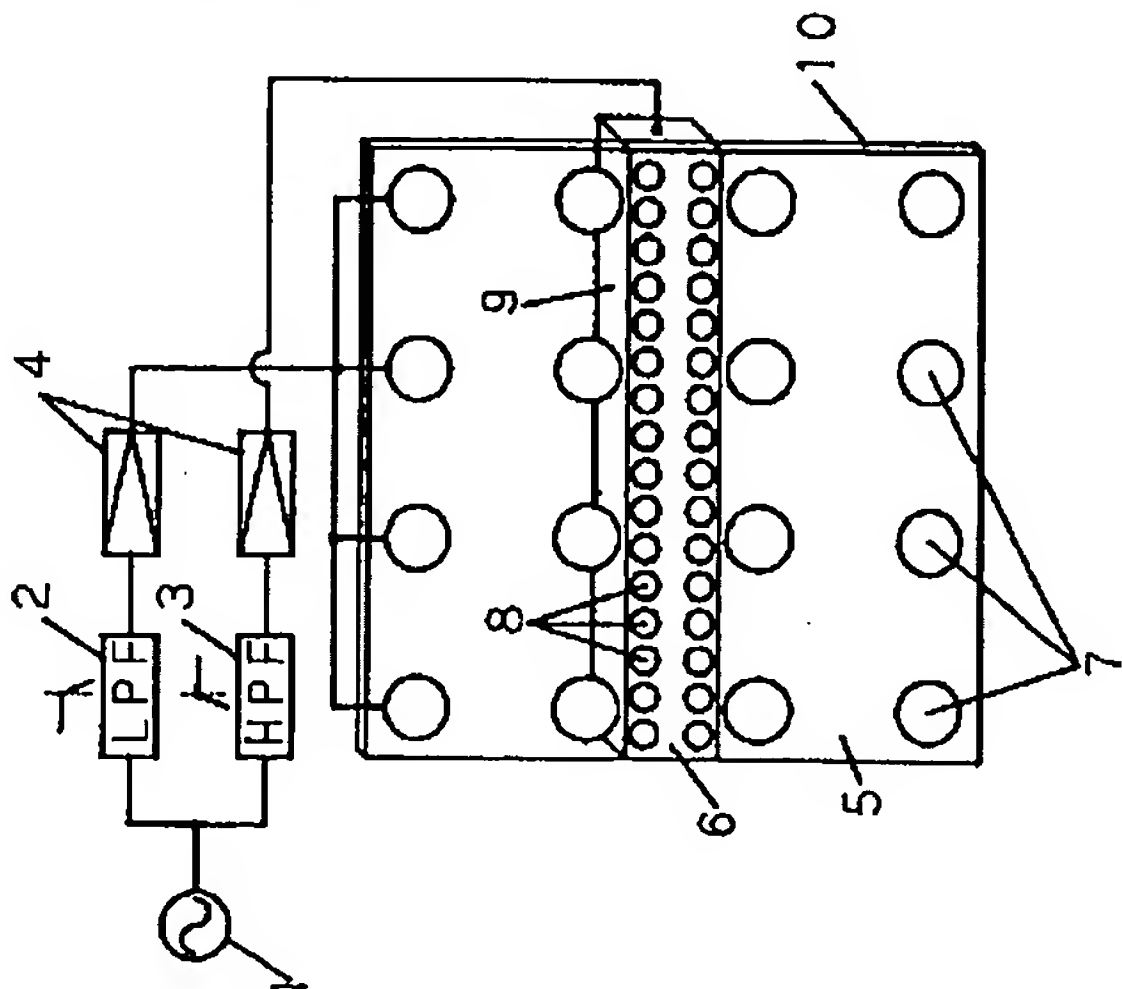
(57)【要約】

【目的】 指向性スピーカ装置を通常の室内で用いた場合でも、広い周波数帯域にわたって鋭い指向性を得る。

【構成】 面上に配列され、振動板の前後が開放の状態である複数のスピーカユニット7を低音域用スピーカアレー5とし、低音域用スピーカアレー5と同一の面上で、低音域用スピーカアレーを構成するスピーカユニット7の間にスピーカユニット8を配列し、高音域用スピーカアレー6を構成する。

図1 指向性スピーカ装置の構成図

1 ローパスフィルタ
2 ハイパスフィルタ
3 アンプ
4 低音域用スピーカユニット
5 低音域用スピーカアレー
6 高音域用スピーカアレー
7 スピーカユニット
8 スピーカユニット
9 振動板
10 パンチングメタル



【特許請求の範囲】

【請求項1】再生周波数帯域を低音域と高音域とに2分割し、低音域は振動板の前後が開放の状態である複数個の第1のスピーカユニットが面上に所定の間隔で2次元状に配列された低音域用スピーカアレーで再生し、高音域は前記低音域用スピーカアレーと同一の面上にあって、前記低音域用スピーカアレーを構成する前記第1のスピーカユニットの間に配列された、複数の第2のスピーカユニットからなる高音域用スピーカアレーで再生することを特徴とする指向性スピーカ装置。

【請求項2】再生周波数帯域を低音域と高音域とに2分割し、低音域は振動板の前後が開放の状態である複数個の第1のスピーカユニットが面上に所定の間隔で2次元状に配列された低音域用スピーカアレーで再生し、高音域は前記低音域用スピーカアレーの配置された面よりも後方にあって、前方から見たときに、前記低音域用スピーカアレーを構成する前記第1のスピーカユニットと重なり合わないよう配列された、複数の第2のスピーカユニットからなる高音域用スピーカアレーで再生することを特徴とする指向性スピーカ装置。

【請求項3】低音域用スピーカアレーの後方に、反射板を設けた請求項1または請求項2に記載の指向性スピーカ装置。

【請求項4】第1のスピーカユニットは2次元の格子点上に配列し、かつ前記格子点の間隔は、低音域用スピーカアレーの再生周波数帯域の上限の周波数の音波の波長の0.7倍以下である、請求項1から請求項3のいずれかに記載の指向性スピーカ装置。

【請求項5】第2のスピーカユニットは第1のスピーカユニットを配置した格子点の対称軸に沿って十文字に配列した請求項4に記載の指向性スピーカ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、指向性を有するスピーカに関するものである。

【0002】

【従来の技術】展覧会場などで隣接するブースで異なる説明を行なう場合や、駅の隣合うホームで異なるアナウンスを行う場合には、特定の場所にのみ強い音圧が得られる指向性スピーカが有効である。狭指向性を実現する手段には、複数個のスピーカユニットを線状や面状に配置し、スピーカアレーを構成する方法が知られている。以下、その構成について(図9)から(図16)までを参照しながら説明する。

【0003】(図9)において、8は口径4cmのスピーカユニットであり、6bはこのスピーカユニット16本からなるスピーカアレーである。スピーカユニット8は5.5cm間隔で一直線上に配列され、それぞれ独立した密閉箱9に取り付けられている。

【0004】この指向性スピーカ装置の、各周波数にお

ける指向性を示したものが(図10)である。入力信号は指向性スピーカ装置の中央に関して対称な位置にあるスピーカユニットに、中央から端に向けてそれぞれ1.00、0.95、0.86、0.74、0.60、0.46、0.32、0.29Vの正弦波信号が同相で入力されている。指向性は、指向性スピーカ装置から6m離れた円周上での、正面を基準とした相対音圧レベルで表している。

【0005】このようなスピーカアレーの指向性は、周波数、スピーカアレーの全長、スピーカユニットの間隔、および各スピーカユニットの指向性から決まる。例えば正面から60°の方向での音圧レベルを15dB以上減衰させるためには、スピーカアレーの全長をL、音波の波長をλとして、 $L \geq 1.4\lambda$ の関係が成り立つ必要がある。(図9)のスピーカアレーでは、この関係が成り立つ周波数は530Hz以上である。さらに周波数が低くなると、指向性はそれに従って緩くなる。例えば(図10)から分かるように、250Hzではこのスピーカアレーは無指向性に近い。

【0006】一方、スピーカユニットの後面を開放の状態を用いると、スピーカアレーの長さを増さずにより鋭い指向性を得ることができる。これは、各スピーカユニットの前後から放射された音波の打ち消し合いにより、スピーカユニットを密閉箱に取り付けた場合に比べてスピーカユニットの指向性が鋭くなるためである。これによって、低域で指向性が緩くなるという問題点が改善されるが、低域では上述の打ち消し合いの結果、効率が低下し音圧レベルが小さくなる。

【0007】広帯域にわたって鋭い指向性を持つと同時に音圧レベルが一樣である指向性スピーカ装置を構成するには、次のような方法をとれば良い。再生周波数帯域を2分割し、指向性の緩い低音域は、スピーカユニットの後面を開放の状態を用いたスピーカアレーで再生する。指向性が充分鋭い高音域は、スピーカユニットを密閉箱に取り付けたスピーカアレーで再生し、低音域への入力レベルを高音域に比べて高くすれば良い。

【0008】(図11)において、信号源1から出力された信号は2つに分岐され、それぞれローパスフィルタ2、ハイパスフィルタ3を通る。ローパスフィルタ2を通った信号はアンプ4で増幅された後、低音域用スピーカアレー5bに入力される。ハイパスフィルタ3を通った信号はアンプ4で増幅された後、高音域用スピーカアレー6bに入力される。低音域用スピーカアレー5bは8本の口径9.4cmのスピーカユニット7からなり、スピーカユニット7は11cm間隔で一直線上に配列され、後面が開放の状態である。高音域用スピーカアレー6bは16本の口径4cmのスピーカユニット8からなり、(図9)の高音域用スピーカアレーと同じものである。スピーカユニット8はパンチングメタル10bに取り付けられているが、これによってスピーカユニットが

らの音の放射が妨げられることはない。

【0009】この指向性スピーカ装置の低音域用スピーカアレー5bの指向性を、(図10)と同様に示したものが(図12)である。入力信号は中央に関して対称な位置にあるスピーカユニットに、中央から端に向けてそれぞれ1.00、0.81、0.52、0.26Vが同相で入力されている。(図12)を見ると60°方向での音圧レベルの減衰量は、(図9)のスピーカアレーに比べて約6dB改善されていることが分かる。

【0010】(図11)のように、スピーカアレーが直線状に配列された指向性スピーカ装置では、スピーカアレーに平行な方向では狭指向性が得られるが、スピーカアレーに垂直な方向については無指向性となる。(図11)の指向性スピーカ装置から1.5mの距離にある平面上での、500Hzおよび1kHzにおける等音圧線図(等音圧線の間隔は3dB毎)を(図13)に示す。等音圧線は細長い楕円に近い形を描き、スピーカアレーに垂直な方向では、指向性スピーカ装置から離れた場所にも音圧レベルの高い音波が到達することになる。

【0011】この指向性スピーカ装置を通常の室内で用いた場合、音圧レベルの高い音波が広範囲にわたって壁面や床面で反射するため、特に低音域において指向性音

場は著しく劣化する。また室内を吸音性にして音場の乱れを抑えるとしても、広範囲にわたって吸音処理を施す必要がある。従って、指向性スピーカ装置を室内で用いる場合、指向性スピーカ装置は、低音域については全方向について指向性を有する必要がある。そのため、スピーカアレーは平面上に2次元状に配列しなければならない。そのようにしたものが(図14)の指向性スピーカ装置である。

【0012】(図14)において8は口径4cmのスピーカユニットであり、6cはこのスピーカユニット256本からなるスピーカアレーである。スピーカユニット8は5.5cm間隔で格子状に配列され、それぞれ独立した密閉箱9に取り付けられている。この指向性スピーカ装置の、中央に対して対称な位置にあるスピーカユニットに、(表1)に示す値の同相の正弦波信号を入力した場合の、500Hzおよび1kHzにおける等音圧線図を(図13)と同様に示したのが(図15)である。これを見ると、全方向にわたって鋭い指向性が得られることが分かる。

【0013】

【表1】

	中央							端
中央	1.00	1.00	0.83	0.85	0.53	0.66	0.10	0.64
	1.00	0.84	0.98	0.57	0.79	0.33	0.35	0.50
	0.83	0.98	0.61	0.80	0.56	0.25	0.53	0.90
	0.85	0.57	0.80	0.64	0.27	0.46	0.46	0.14
	0.53	0.79	0.56	0.27	0.43	0.50	0.25	0.05
	0.66	0.33	0.25	0.46	0.50	0.29	0.09	0.01
	0.10	0.35	0.53	0.46	0.25	0.09	0.02	0.00
端	0.64	0.50	0.30	0.14	0.05	0.01	0.00	0.00

単位：V

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の指向性スピーカ装置には次の様な課題があった。(図14)のように小口径のスピーカユニットを狭い間隔で平面上に配列し、全帯域を再生するようにした指向性スピーカ装置には、スピーカユニットが極めて多数必要になるばかりでなく、(図9)の指向性スピーカ装置と同様に低い周波数で指向性が緩い問題がある。そのため、

(図11)の指向性スピーカ装置のように再生周波数帯域を2分割し、指向性の緩い低音域は、スピーカユニットの後面を開放の状態を用いたスピーカアレーで再生する方法を採りたい。ところが、スピーカアレーを平面状に2次元状に配列する場合、2組のスピーカアレーを同一の平面上に配列するには空間的制約がある。また、

(図16)のように、高音域用スピーカアレーの前方に、低音域用スピーカアレーを設けた場合は、高音域用スピーカアレーから放射された音波は、低音域用スピーカアレーによって散乱されるため、指向性が劣化すると

いう問題が生じる。

【0015】本発明は、上記の問題点を解消し、指向性スピーカ装置を狭い室内で用いた場合でも、広い周波数帯域にわたって鋭い指向性を得ることを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の指向性スピーカ装置は、上記目的を達成するために、面上で所定の間隔で2次元状に配列された複数のスピーカユニットからなる低音域用スピーカアレーと、前記低音域用スピーカアレーと同一の面上にあって、前記低音域用スピーカアレーを構成するスピーカユニットの間に配列されたスピーカユニットからなる高音域用スピーカアレーからなる。

【0017】

【作用】室内で使用する指向性スピーカ装置は前に述べた理由から、再生周波数帯域を2分割し、指向性の緩い低音域は、スピーカユニットの後面を開放の状態を用い

たスピーカアレーで再生する方法を採りたい。さらに低音域についてはスピーカアレーはスピーカユニットが2次元状に配列されたものが望ましい。

【0018】一般に、スピーカアレーは、アレーを構成するスピーカユニットの間隔 d よりも音波の波長 λ が短くなるような周波数では、正面以外の方向にも強い放射が現れるため、指向性音源としては適当でない。従って、スピーカユニットの間隔 d は使用する帯域の上限の周波数の波長 λ よりも、短くする必要がある。

【0019】低音域用スピーカアレーを構成するスピーカユニットの間隔 d は、そのスピーカアレーに接続されたローパスフィルタの遮断周波数 f_c の波長を λ_c として、 λ_c よりも短くする必要がある。低音域用スピーカアレーから放射された音波が高音域用スピーカアレーの指向性に影響を及ぼさないために、ローパスフィルタの遮断特性はできるだけ急峻なものであることが望ましい。しかし、実際は、遮断周波数以上の周波数では全く信号を通さないフィルタを作ることはできないので、スピーカユニットの間隔 d は、遮断周波数の波長 λ_c よりいくらか短くする必要がある。例えば、1オクターブ当たり48dBの割合で減衰するローパスフィルタを用いる場合、 $d \leq 0.7\lambda_c$ であれば良い。

【0020】これから、 $f_c = 800\text{Hz}$ の場合、スピーカユニットの間隔は30cm程度まで広げることができる。従って、低音域用アレーのスピーカユニットの間に高音域用スピーカアレーを配置することができる。一方、高音域については、反射波の影響は床面に吸音材としてカーペットを敷く等の方法によって容易に除去できるので、必ずしもスピーカユニットを完全な2次元配列にする必要はなく、所望のサービスエリアが得られるように配列すれば良い。例えば、スピーカユニットを直線状に配列したアレー等でも、充分効果的な指向性音場が形成される。

【0021】そこで、高音域用スピーカアレーを構成するユニットを、低音域用スピーカアレーを構成するスピーカユニットの間に配列すれば、2組のスピーカアレーを同一の平面上に設けることができる。このようにすれば、一方のスピーカアレーから放射された音波が他方のスピーカアレーによって散乱されることもなく、指向性スピーカ装置を通常の室内で用いた場合でも、広い周波数帯域にわたって鋭い指向性を得ることができる。

【0022】

【実施例】以下、本発明の第1の実施例について(図1)および(図2)と共に説明する。信号源1から出力された信号は2つに分岐され、それぞれローパスフィルタ2、ハイパスフィルタ3を通る。ローパスフィルタ2を通った信号はアンプ4で増幅された後、低音域用スピーカアレー5に入力される。ハイパスフィルタ3を通った信号はアンプ4で増幅された後、高音域用スピーカアレー6に入力される。フィルタのクロスオーバー周波数 f

c は800Hzに設定されている。低音域用スピーカアレー5は16本の口径9.4cmのスピーカユニット7からなる。スピーカユニット7は25cm間隔で格子状に配列され、後面が開放の状態になるようにパンチングメタル10に取り付けられている。パンチングメタル10によってスピーカユニット7からの音の放射が妨げられることはない。高音域用スピーカアレー6は32本の口径4cmのスピーカユニット8からなり、8cm間隔の一組の平行線上に、5.5cm間隔で配列され、それぞれ独立した密閉箱9にとりつけられている。

【0023】この指向性スピーカ装置の、中央に対して対称な位置にあるスピーカユニットに、低音域用スピーカアレー5には(表2)に示した値の、高音域用スピーカアレー6には指向性スピーカ装置の中央に関して対称な位置にあるスピーカユニットに、中央から端に向けてそれぞれ1.00、0.95、0.86、0.74、0.60、0.46、0.32、0.29Vの同相の正弦波信号を入力した場合の、500Hzおよび1kHzにおける等音圧線図を(図13)と同様に示したのが(図2)である。

【0024】

【表2】

	中央	端
中央	1.00	0.47
端	0.47	0.16

単位：V

【0025】これを(図14)の従来の指向性スピーカ装置の音圧分布図(図15)と比較すると、500Hzでは、低音域用スピーカアレー5のスピーカユニット7が後面開放であることにより、鋭い指向性が全方向について実現されている。

【0026】なお、本実施例では低音域用スピーカアレーを構成するスピーカユニットが、25cm間隔の格子点上に配列された場合について説明したが、スピーカユニットの間隔や、配列の方法については限定されるものではない。例えば、スピーカユニットが同心円状に配列された場合でも、同様の効果が得られる。

【0027】次に、本発明の第2の実施例について(図3)から(図5)と共に説明する。信号源、フィルタ、およびスピーカアレーは第1の実施例と同様である。低音域用スピーカアレー5は高音域用スピーカアレー6の前方に設けられており、2つのスピーカアレーを前方か

ら見たときに重なり合わないよう構成した。

【0028】従来は、高音用スピーカアレーから放射された音波が低音域用スピーカアレーによって散乱され、指向性が劣化するという問題があったが、本実施例の場合、高域での指向性の劣化は見られない。また第1の実施例では、低音域用スピーカアレーの指向性が(図4)に示すように、x方向とy方向で異なり、y方向では、400Hz以上の指向性が劣化するという問題があった。これは、y方向については中央に高音域用スピーカアレーがあるために、内側と外側でスピーカユニットの指向性が異なるためである。本実施例では、低音域用スピーカアレーを高音域用スピーカアレーの前方に設けることにより、低音域用スピーカアレーの内側のスピーカユニットについても、(図5)に示すように、音の抜けが良くなり、双極子音源の指向性を示すようになったため、y方向についても、x方向と同様に鋭い指向性が得られるようになった。

【0029】なお、低音域用スピーカアレーを構成するスピーカユニットの間隔や、配列の方法について限定されるものではないことは、第1の実施例の場合と同様である。

【0030】次に、本発明の第3の実施例について(図6)と共に説明する。信号源、フィルタ、およびスピーカアレーは第1の実施例と同様であり、低音域用スピーカアレー5の15cm後方には反射板11が取り付けられている。

【0031】バフル板を有さず、後面が開放の状態であるスピーカユニットの後方に反射板を設けると、反射板に対する鏡像音源の効果により、800Hz以下の低域において正面から60°の方向で音圧レベルの減衰量が*

* 3〜4dB大きくなり、指向性が鋭くなった。

【0032】なお、第2の実施例の低音域用スピーカアレーの後方に反射板を設けた場合も、本実施例と同様な効果が得られる。

【0033】最後に、本発明の第4の実施例について(図7)および(図8)と共に説明する。信号源1から出力された信号は2つに分岐され、それぞれローパスフィルタ2、ハイパスフィルタ3を通る。フィルタのクロスオーバー周波数 f_c は、800Hzに設定されている。ローパスフィルタ2を通った信号はアンプ4で増幅された後、低音域用スピーカアレー5に入力される。ハイパスフィルタ3を通った信号はアンプ4で増幅された後、高音域用スピーカアレー6aに入力される。低音域用スピーカアレー5は第1の実施例と同様に16本のスピーカユニット7からなり、後面が開放の状態になるようにパンチングメタル10に取り付けられている。スピーカユニットはフィルタのクロスオーバー周波数 f_c の音波の波長、即ち30cmよりも短い25cm間隔で格子状に配列されている。高音域用スピーカアレー6は46本の口径4cmのスピーカユニット8からなり、低音域用アレーの対称軸に沿って、6cm間隔で十文字に配列され、それぞれ独立した密閉箱9に取り付けられている。

【0034】この指向性スピーカ装置の、中央に対して対称な位置にあるスピーカユニットに、低音域用スピーカアレー5には(表2)、高音域用スピーカアレー6aには(表3)に示す値の同相の正弦波信号を入力した場合の、1kHzにおける等音圧線図を(図13)と同様に示したのが(図8)である。

【0035】

【表3】

	中央						端
中央	1.00	0.94	0.82	0.67	0.50	0.34	0.28
	1.00	0.94	0.82	0.67	0.50	0.34	0.28
端	1.00						

単位：V

【0036】(図1)の指向性スピーカ装置は、高音域のスピーカアレーが平行線状に配列されたものであり、スピーカアレーに垂直な方向の指向性は(図2)に示すように緩やかである。スピーカアレーに垂直な方向にもある程度鋭い指向性が求められる場合は、本実施例のようにスピーカユニットを十文字に配列すれば、(図8)

のように所望の指向性が実現される。

【0037】

【発明の効果】以上のように本発明は、周波数帯域を2分割し、低音域は所定の間隔で配列された複数個のスピーカユニットからなる低音域用スピーカアレーで再生し、高音域は前記低音域用スピーカアレーと同一の面上

にあって、前記低音域用スピーカアレーを構成するスピーカユニットの間に配列されたスピーカユニットからなる高音域用スピーカアレーで再生することにより、指向性スピーカ装置を通常の室内で用いた場合でも、広い周波数帯域にわたって鋭い指向性が得られるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の構成を示す図

【図2】（図1）の指向性スピーカの音圧分布を示す図

【図3】本発明の第2の実施例の構成を示す図

【図4】（図1）の指向性スピーカのx、y方向の指向性を示す図

【図5】本発明の第2の実施例の作用を示す図

【図6】本発明の第3の実施例の構成を示す図

【図7】本発明の第4の実施例の構成を示す図

【図8】（図7）の指向性スピーカの音圧分布を示す図

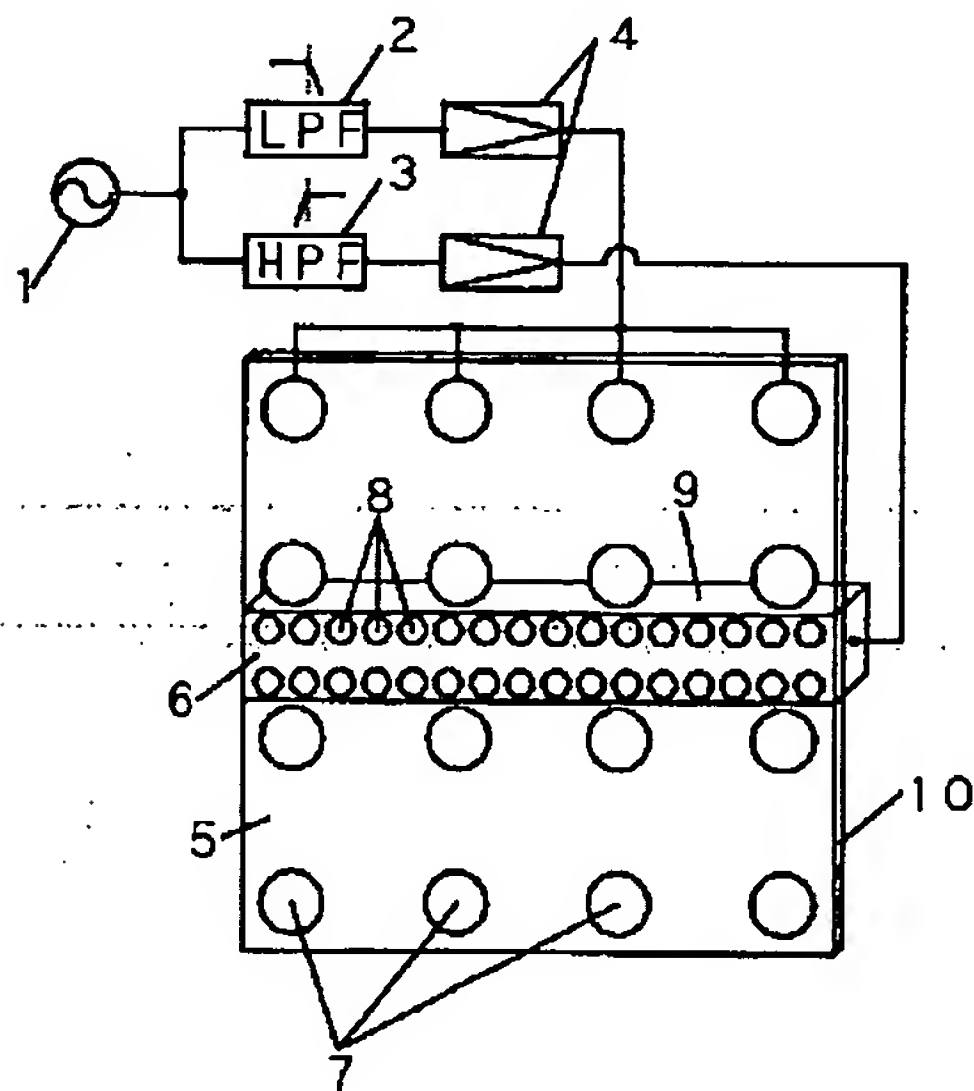
【図9】第1の従来例の構成を示す図

【図10】（図9）の指向性スピーカの指向性を示す図

【図11】第2の従来例の構成を示す図

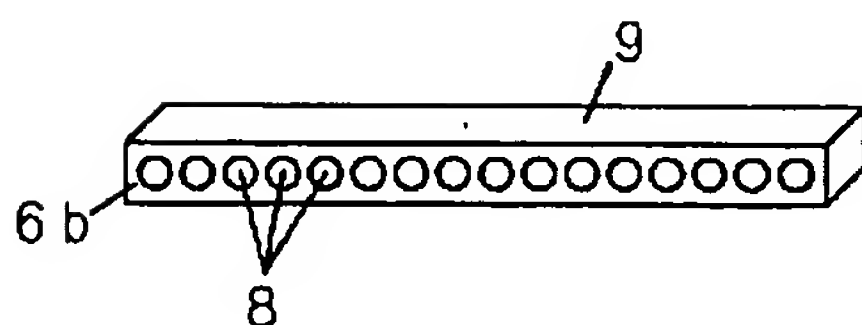
【図12】（図11）の指向性スピーカの指向性を示す

【図1】



- 1 信号源
- 2 ローパスフィルタ
- 3 ハイパスフィルタ
- 4 アンプ
- 5 低音域用スピーカアレー
- 6 高音域用スピーカアレー
- 7 スピーカユニット
- 8 スピーカユニット
- 9 密閉箱
- 10 パンチングメタル

【図9】



- 6b スピーカアレー
- 8 スピーカユニット
- 9 密閉箱

図

【図13】（図11）の指向性スピーカの音圧分布を示す図

【図14】第3の従来例の構成を示す図

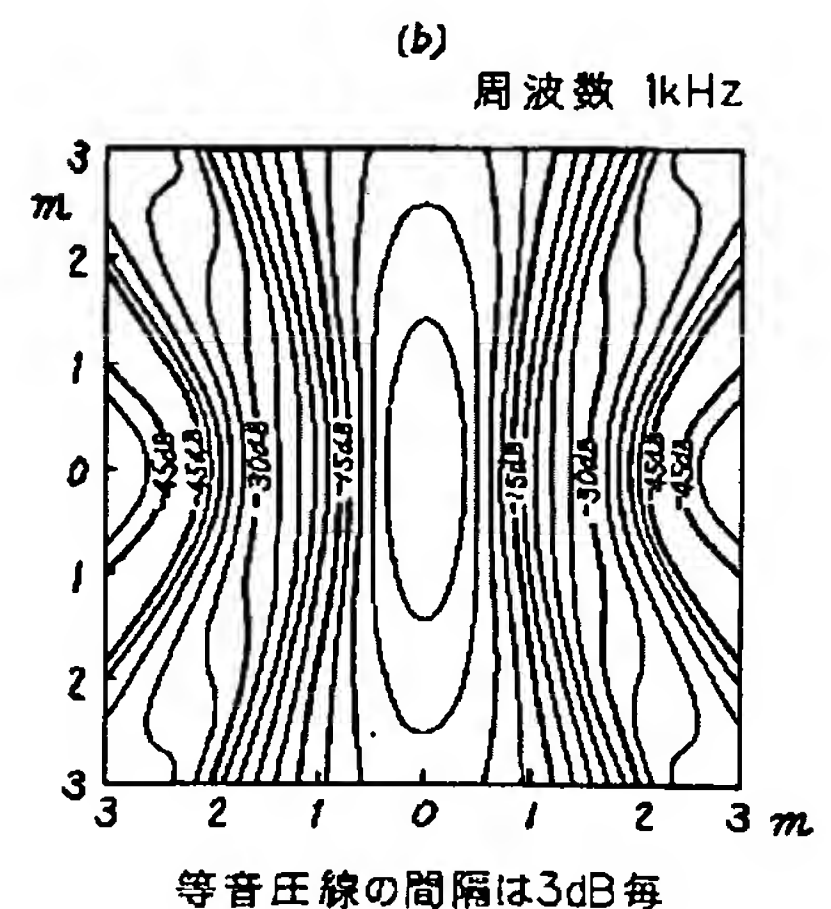
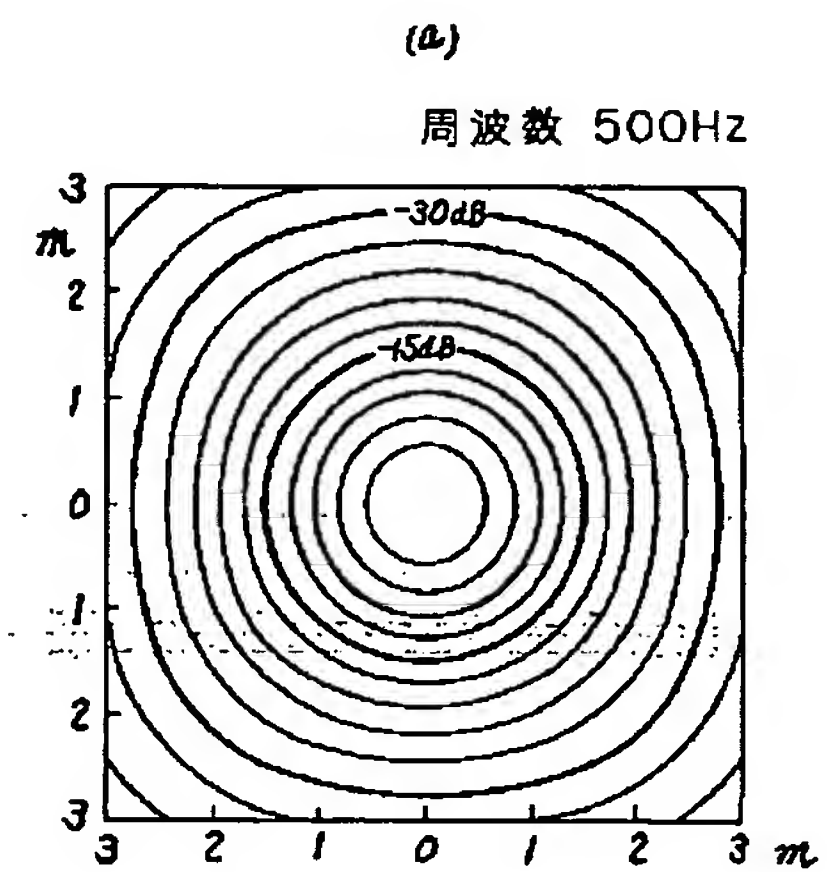
【図15】（図14）の指向性スピーカの音圧分布を示す図

【図16】第4の従来例の構成を示す図

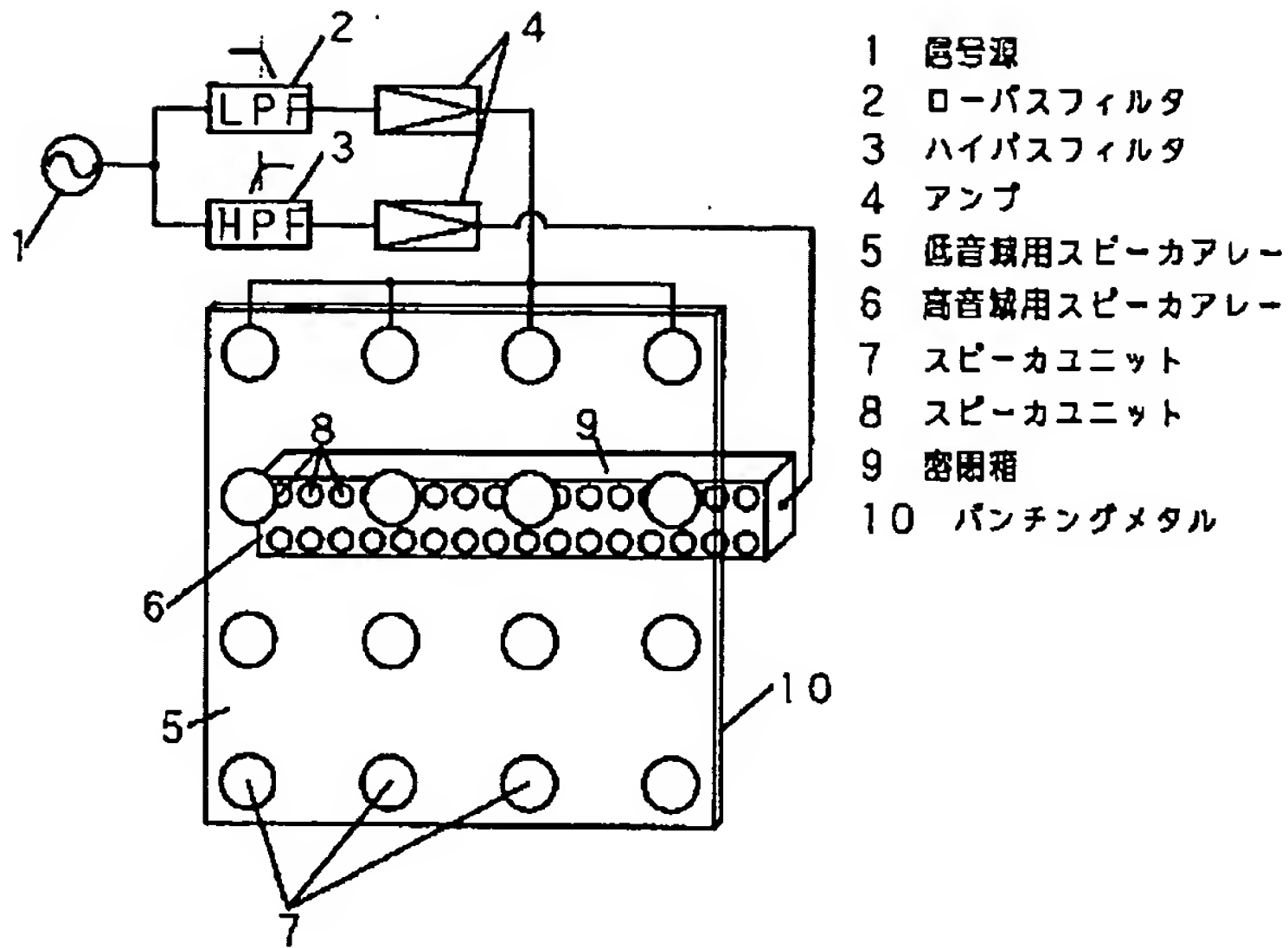
【符号の説明】

- 1 信号源
- 2 ローパスフィルタ
- 3 ハイパスフィルタ
- 4 アンプ
- 5、5b、5c (低音域用) スピーカアレー
- 6、6a、6b、6c (高音域用) スピーカアレー
- 7 スピーカユニット
- 8 スピーカユニット
- 9 密閉箱
- 10、10b、10c パンチングメタル
- 11 反射板

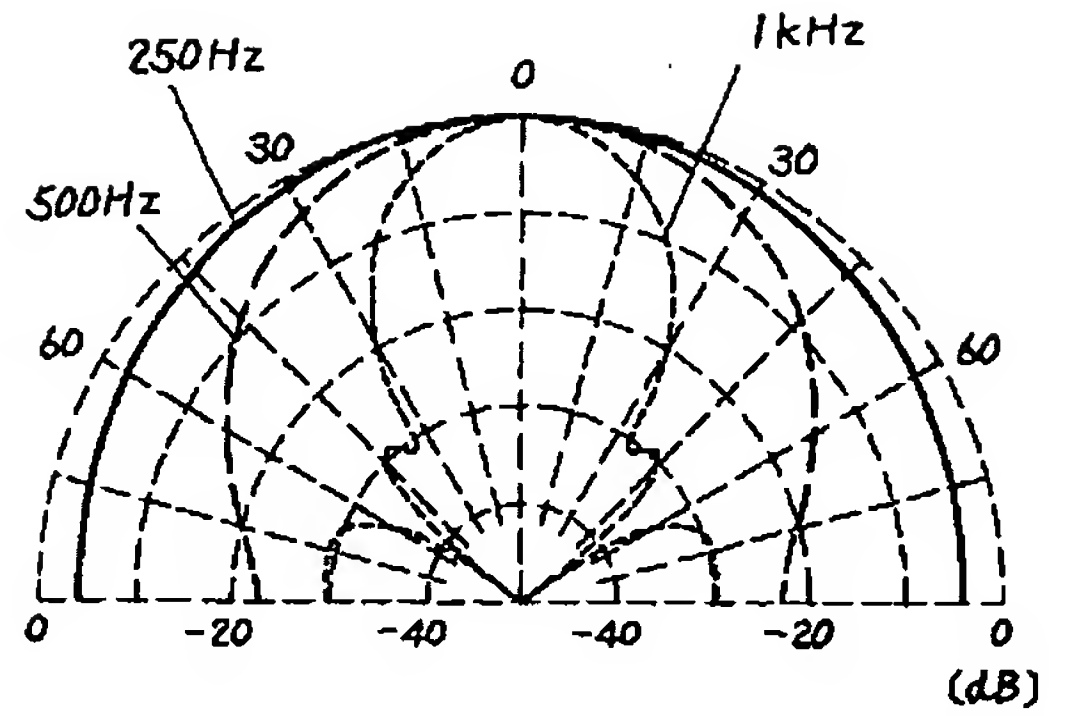
【図2】



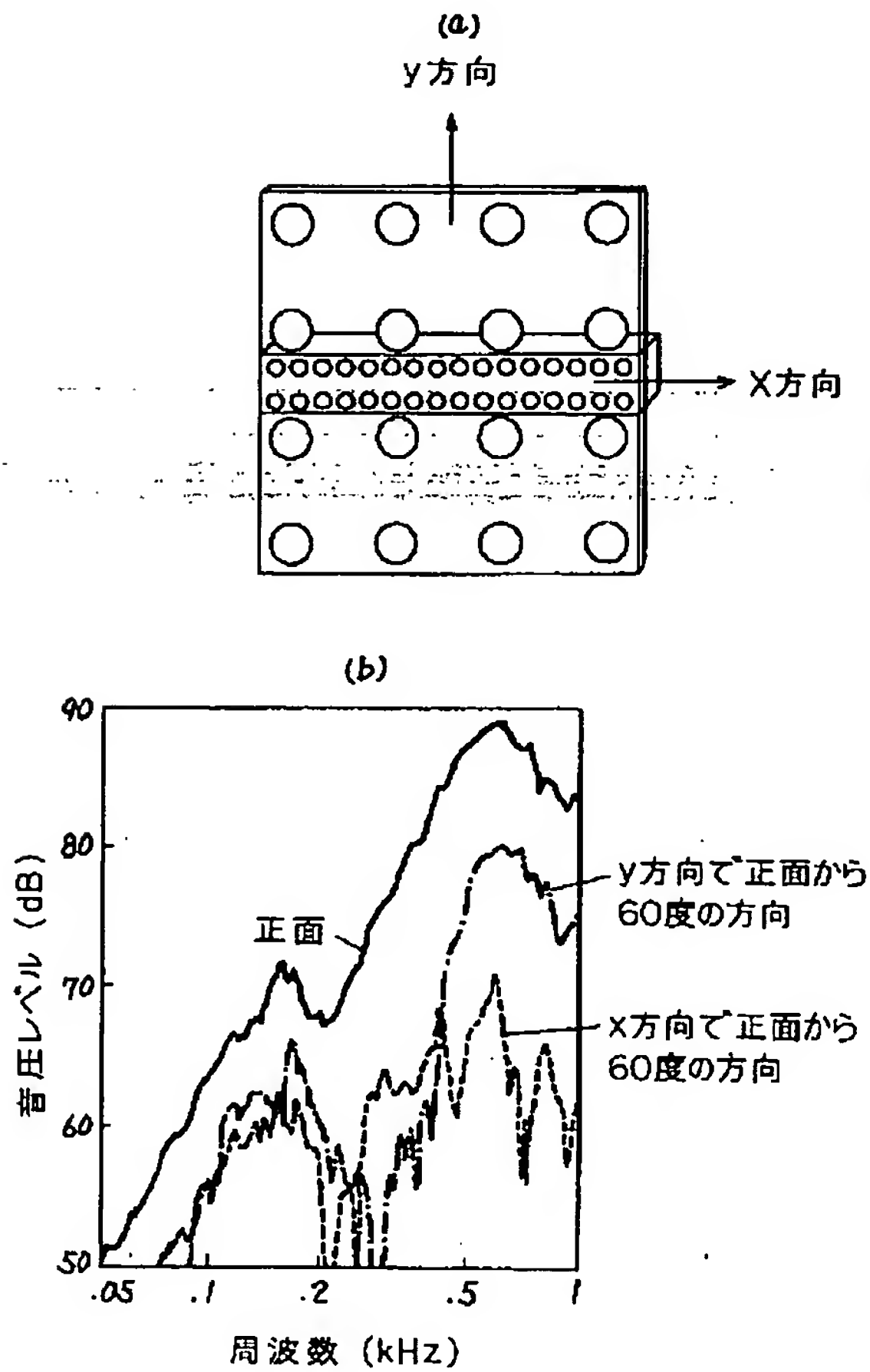
【図3】



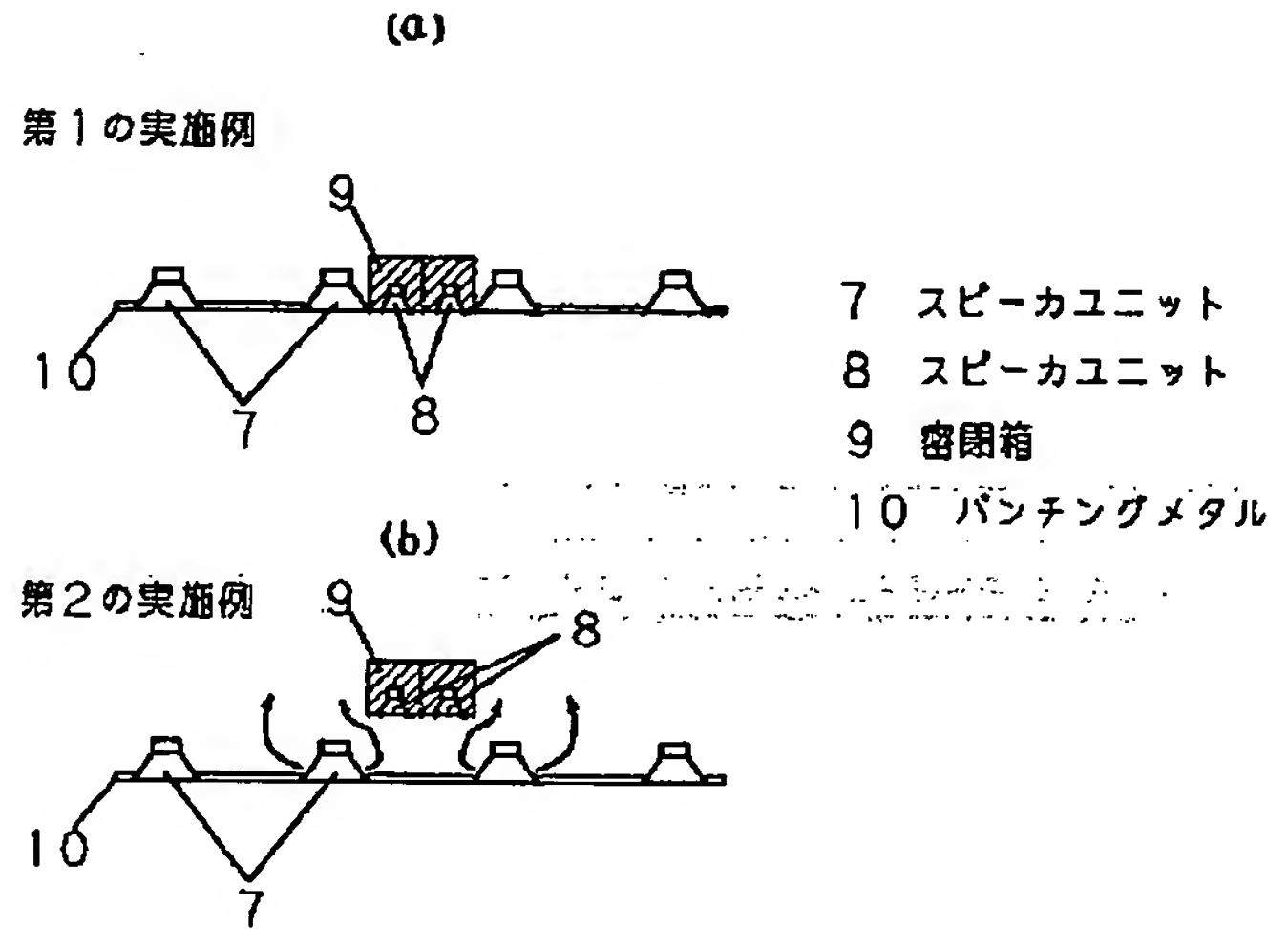
【図10】



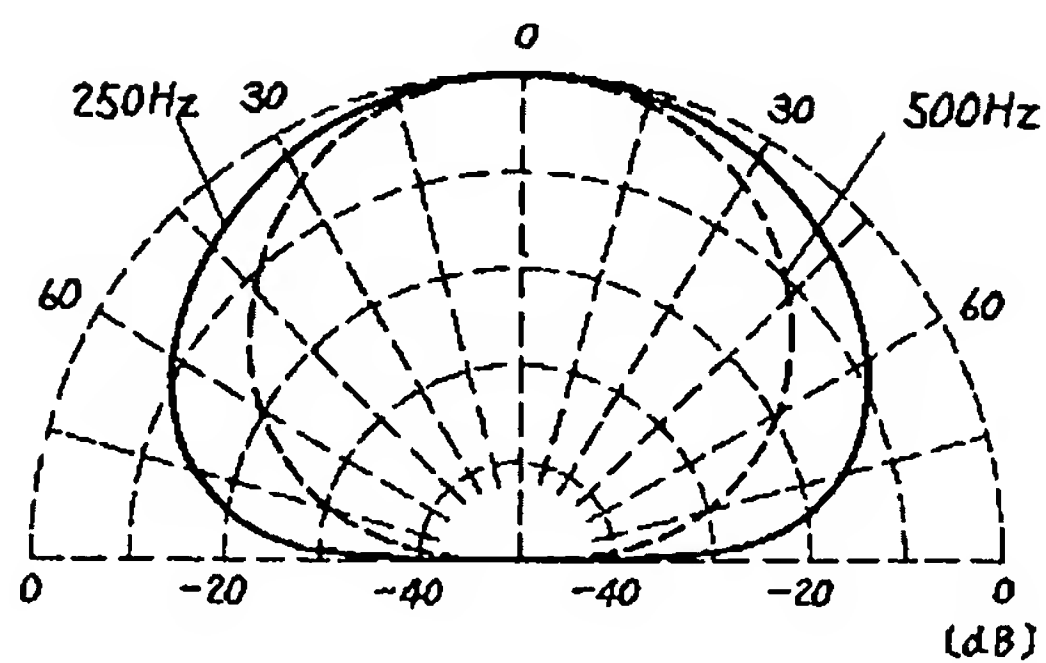
【図4】



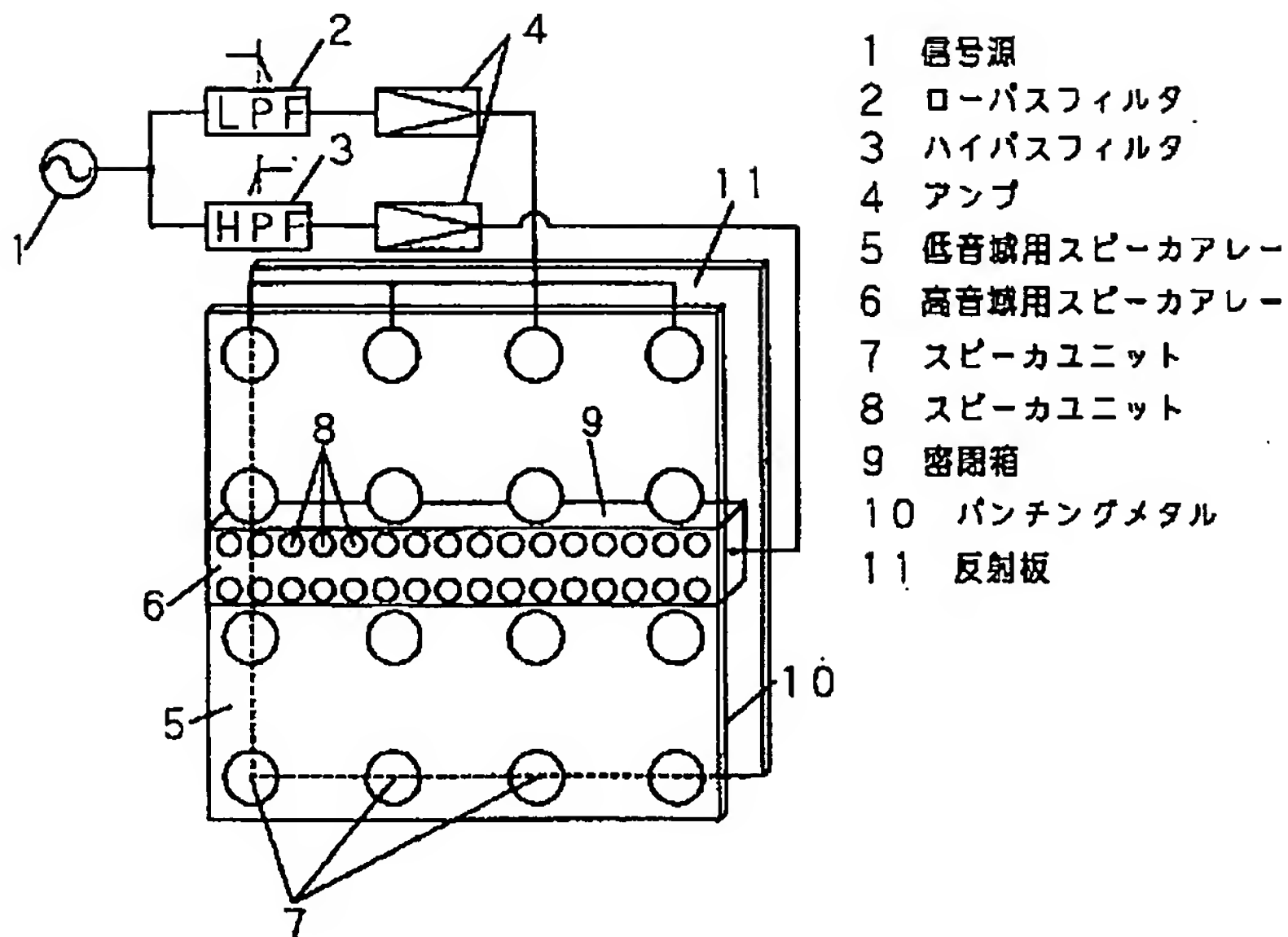
【図5】



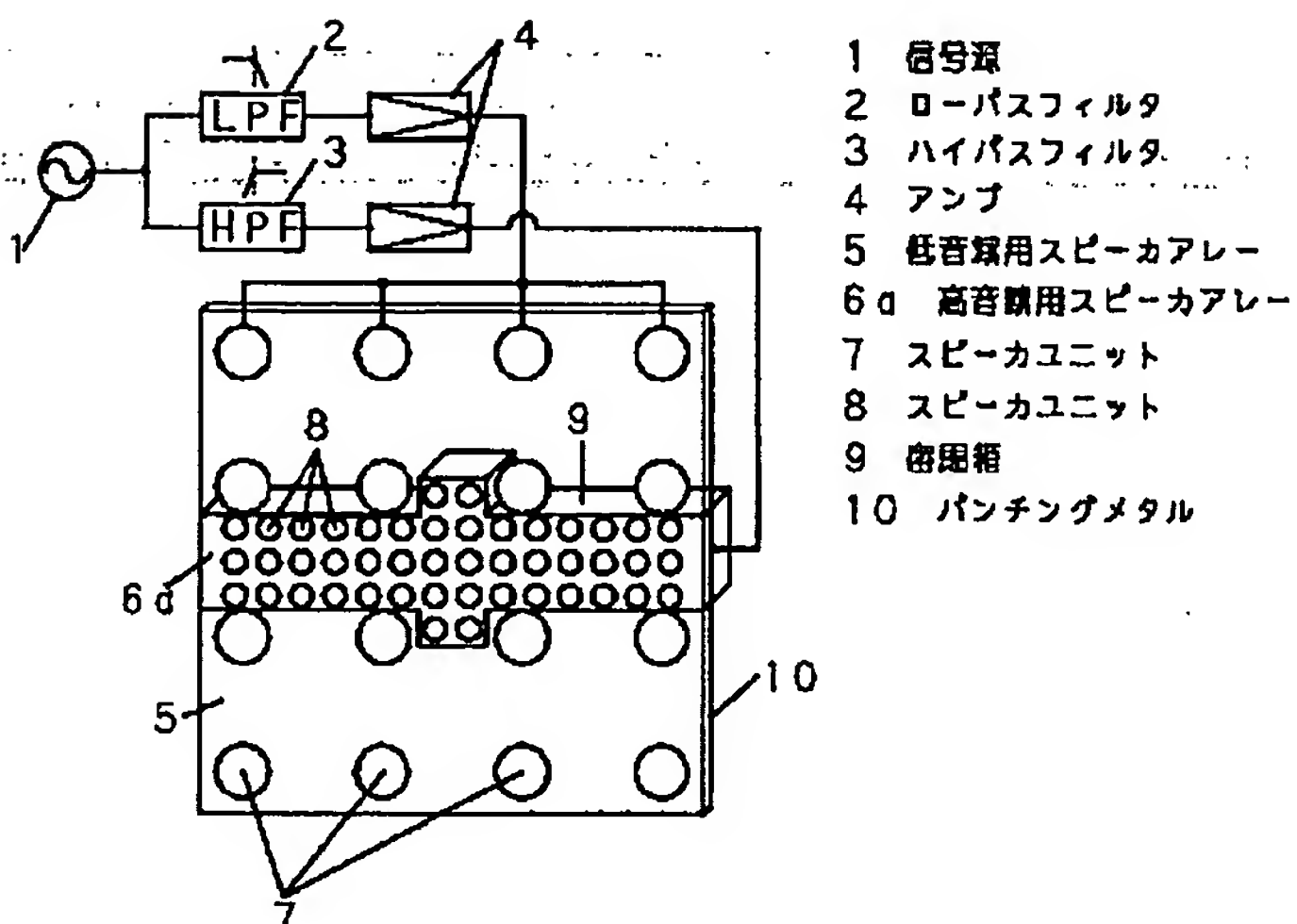
【図12】



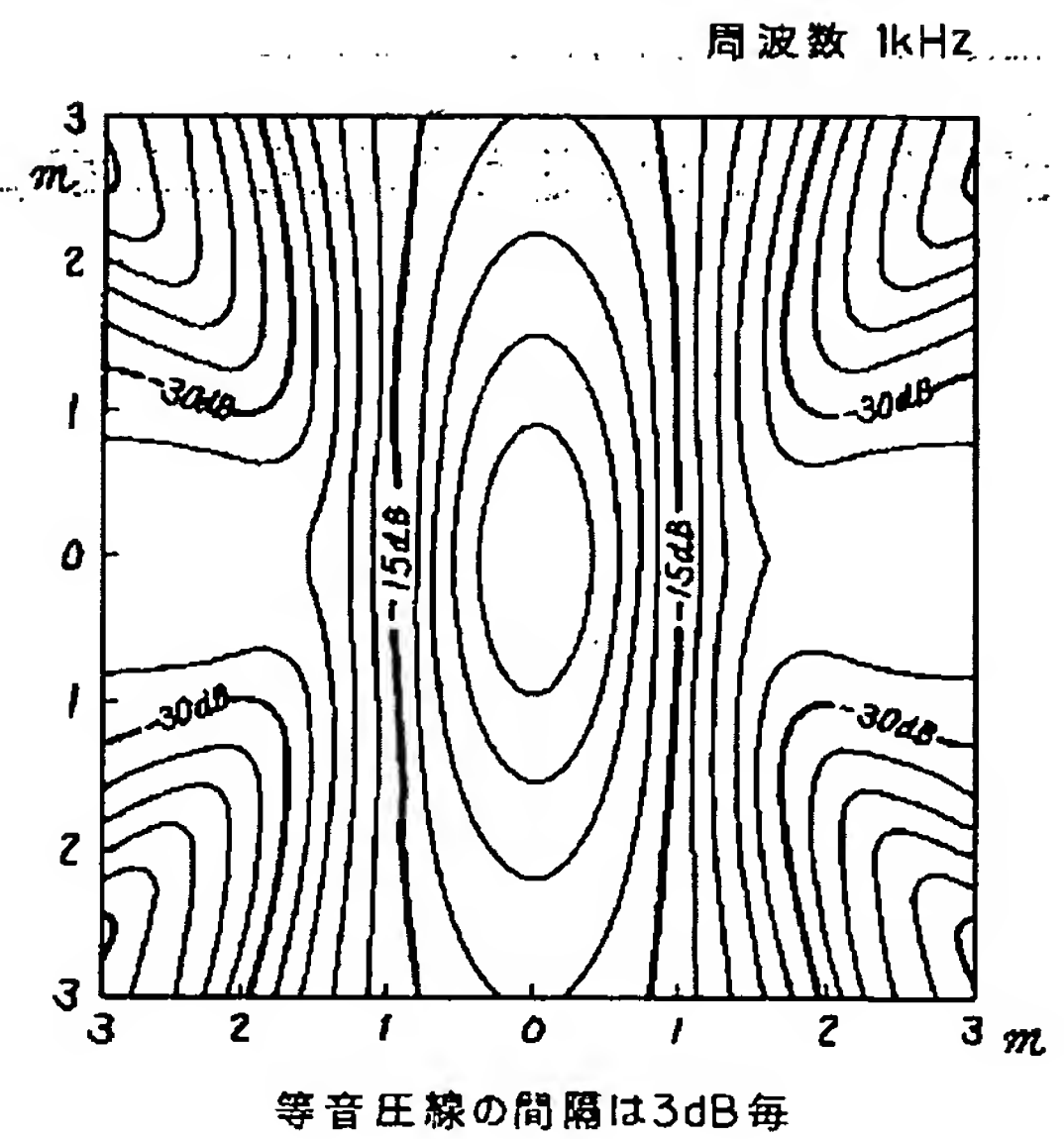
【図6】



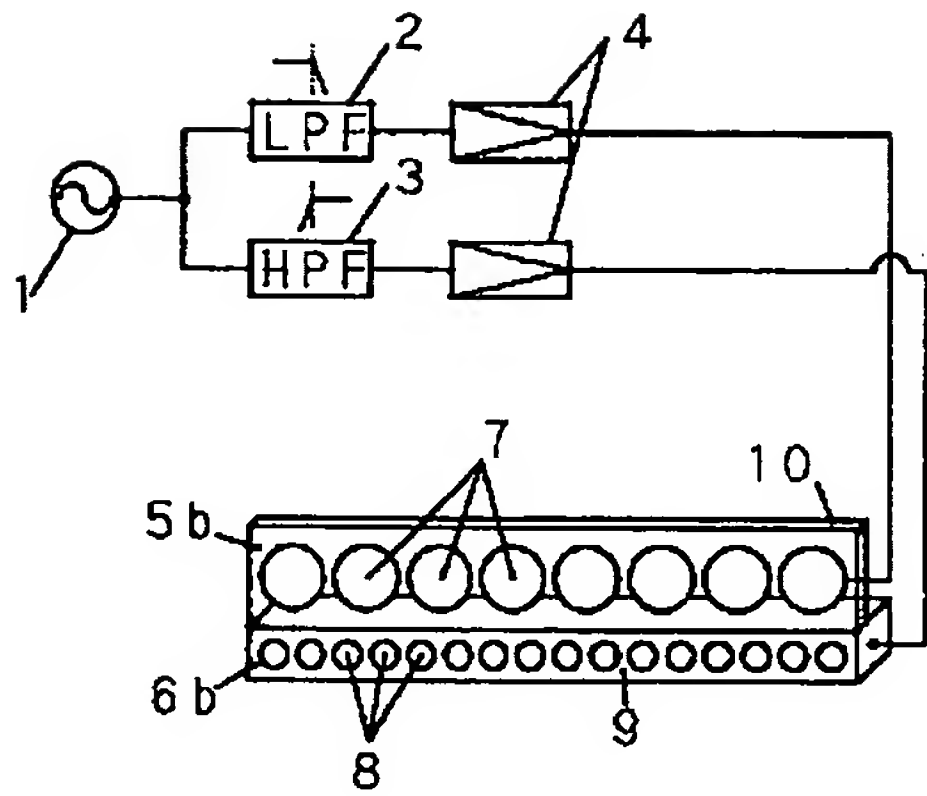
【図7】



【図8】

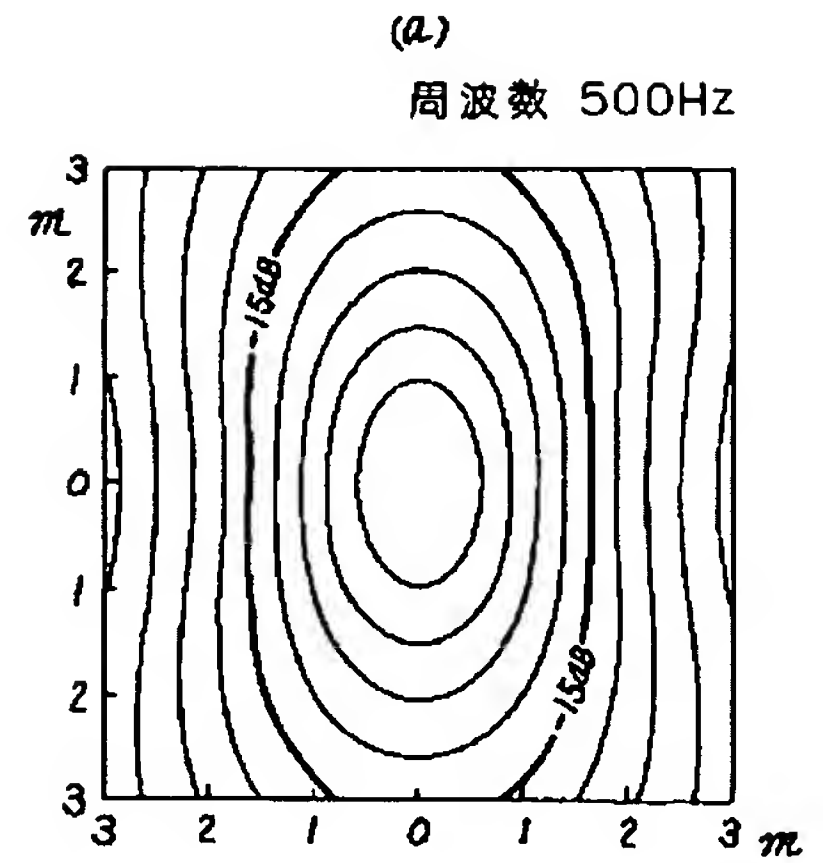


【図11】



- 1 信号源
- 2 ローパスフィルタ
- 3 ハイパスフィルタ
- 4 アンプ
- 5b 低音域用スピーカアレー
- 6b 高音域用スピーカアレー
- 7 スピーカユニット
- 8 スピーカユニット
- 9 密閉箱
- 10 パンチングメタル

【図13】

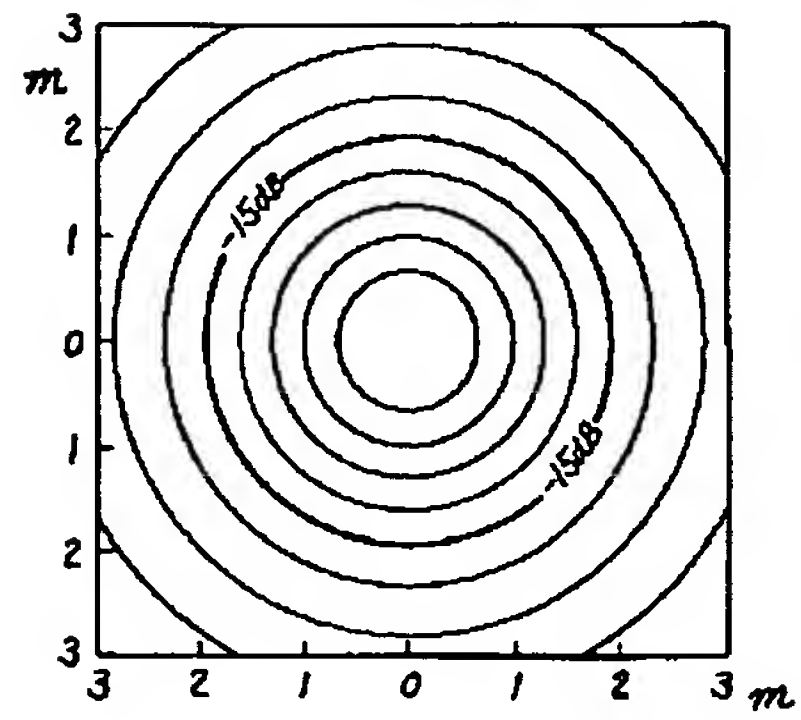


(11)

【図 15】

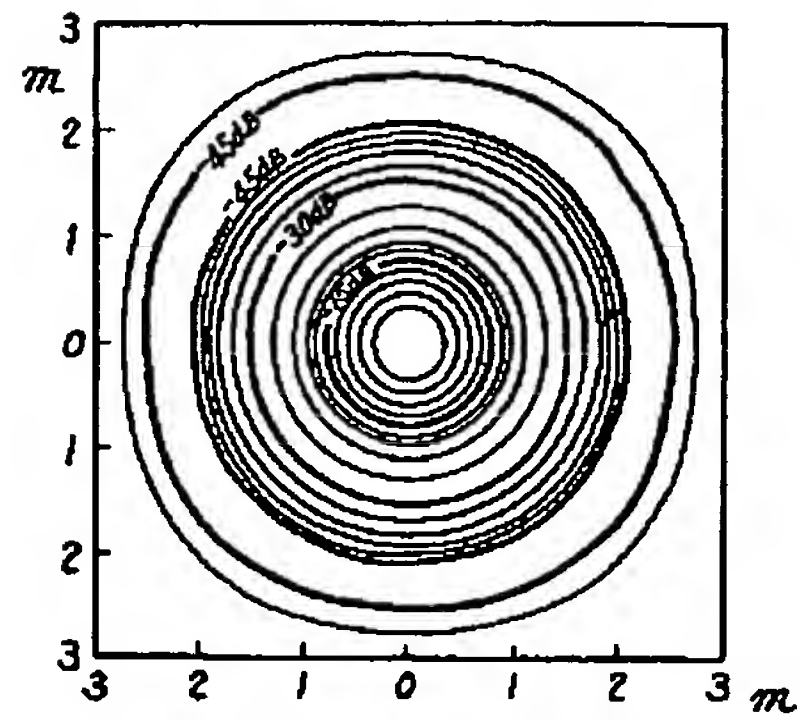
(a)

周波数 500Hz



(b)

周波数 1kHz



等音圧線の間隔は3dB毎

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.